

COAGULATION BY AN ELECTRICAL MEANS

Mr. Thamnoon Sittichaimanee



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement  
for the Degree of Master of Engineering  
Department of Sanitary Engineering  
Graduate School  
Chulalongkorn University  
1973

"การตกตะกอนโดยวิธีไฟฟ้า"

นาย ชรรมนุญ สิทธิชัยมณี



วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา  
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2516

001031

J 15824081

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University  
in partial fulfillment of the requirement for the Degree of  
Master of Engineering .

B. Tamthae

Dean of the Graduate School

Thesis Committee

Arorn Serathan

Chairman

Aporn Kengph.

Thesis Advisor

Siri Satamanint

Thesis Co-Advisor

Suwarn Sangpatel

หัวข้องานวิทยานิพนธ์

การตกตะกอนโดยวิธีไฟฟ้า

ชื่อ

นาย อรรถมนูญ สิทธิชัยมณี

แผนกวิชา

วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา

2515

บทคัดย่อ



กรรมวิธีปัจจุบัน ที่ใช้สารส้มเป็นตัวทำให้เกิดตะกอน เพื่อให้น้ำที่มีความขุ่นใสขึ้นนั้น ไม่สามารถผลิตน้ำให้มีคุณภาพตามต้องการได้ ดังนั้น จึงได้มีการคิดค้นกรรมวิธีทาง เคมี ไฟฟ้า เพื่อให้น้ำที่มีความขุ่นใสขึ้น

การใช้สารส้ม เกิดทำได้น้ำที่นำมาจากคลองประปาตกตะกอน ทำการทดลองโดยวิธี Jar Test ในขณะที่เดียวกัน การตกตะกอนโดยวิธีไฟฟ้านั้น ทดลองโดยใช้ Electrical Coagulator ที่สร้างโดย ศาสตราจารย์ สุวรรณ แสงเพชร (2514) เพื่อที่จะศึกษาถึงความสามารถในการทำงานของเครื่องมือที่สร้างขึ้น

การตกตะกอนโดยวิธีไฟฟ้านั้น ให้น้ำที่มีคุณภาพดีกว่า และใช้เวลาในการตกตะกอนเร็วกว่าวิธีใช้สารส้ม

เครื่องมือไฟฟ้านี้ สามารถกำจัดเหล็ก สี ความขุ่น โคลน แต่กำจัด  
total solids ความกระด้าง alkalinity ได้เพียงเล็กน้อย

ถึงแม้ว่า วิธีนี้จะทำให้ pH และค่าความนำไฟฟ้าของน้ำเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยก็ตาม แต่วิธีไฟฟ้านี้ ก็ยังขึ้นกับค่าความนำไฟฟ้าบ้าง

ความสัมพันธ์ของสี หรือความขุ่น และเวลาที่ปล่อยให้สารตกตะกอน สามารถเขียนเป็นสมการได้ คือ  $T = t/(a+bt) + C$

ราคาในการผลิตน้ำโดยใช้วิธีไฟฟ้า แพงกว่าวิธีเคมี แต่วิธีไฟฟ้า อาจใช้แทนวิธีเคมีได้ ถ้าหากพิจารณาถึงความสะดวกในการควบคุมเครื่องมือ และใช้เนื้อที่น้อยกว่าวิธีเคมี



Thesis Title	Coagulation by Electrical Means
Name	Mr. Thamnoon Sittichaimanee
Department	Sanitary Engineering
Academic Year	1972

## ABSTRACT

Existing method using alum as coagulant in clarification of turbid water was not adequate to provide the degree of treatment required, therefore a variety of electrochemical methods had been developed to clarify the raw waters.

Alum coagulation of surface water taken from Klong Prapa were performed with Jar Test. Apparatus in the usual manner, and, at the same time an electrical treatment method using Electrical Coagulator, developed by SUWAN (1971), was investigated in order to determine its feasibility and capability in coagulation compared with alum coagulation.

It was found that electrical treatment method provided better quality of supernatant and shortened the time in clarification than by using alum.

Iron, color and turbidity could be also removed successfully, while anions, total solids, hardness, alkalinity could be reduced only a little. Although pH and specific conductivity of raw and treated waters were slightly changed after electrical coagulation the method was a little dependent upon the conductance of raw waters.

The relation of color or turbidity and settling time by electrical treatment could be correlated empirically as  $T = t/(a + bt) + c$ .

The cost of treatment by electrical means was higher than chemical means but it might replace chemical treatment if its easy control, and space requirement are considered.

## ACKNOWLEDGEMENTS



VII

The writer wishes to express his profound gratitude to his Thesis Advisor, Asst. Prof. Dr. Surin Setmanit, for continuous suggestion and generous help in the completion of this thesis. He is also indebted to his Thesis Co-Advisor, Prof. Suwan Sangpetch, Dept. of Electrical Engineering, for his comments and guidance throughout this project.

Thanks are also extended to Mrs. Pipan Pornprapa, for providing the laboratory equipments.

To Prof. Dr. Aroon Sorathesn, chairman, and Prof. Aporn Kengpol for serving as a member of the Thesis Committee.

Finally to his beloved parents for their moral support and his friend, Mr. Surapol Channoi, for his encouragement and help during the laboratory phase and also to other friends.

## TABLE OF CONTENTS

VIII

CHAPTER	TITLE	PAGE
	Title Page	I
	Thesis Approval	III
	Abstracts	IV
	Acknowledgements	VII
	Table of contents	VIII
	List of Tables	X
	List of Figures	XI
I	INTRODUCTION	1
	Purpose of Research	1
	Scope of Investigation	2
II	LITERATURE REVIEW	4
	Colloids	4
	Mechanism of Coagulation	5
	Colloidal Stability and Instability	5
	Electrical Phenomena at Surfaces	6
	Theory of Coagulation	11
	Hydrolysis of Aluminium Salts	12
	Mechanism of Floc Formation	14
	Factors Influencing Coagulation	15
	Effect of pH	15
	Effect of Salts	15
	Effect of Coagulant	16
	Effect of Mixing	16
	Water Purification by Electrophoresis	16
	Electrodialysis	20
	Electrohydraulic Effect	20





CHAPTER	TITLE	PAGE
III	EXPERIMENTAL INVESTIGATION	25
	Design of Experiments	25
	Coagulation by Chemical Means	25
	Water Sampling and Method of Analysis	25
	Jar Test Procedure	26
	Determination of Mixing Condition	27
	Determination of Fast Mixing Speed and Fast Mixing Time	27
	Determination of Slow Mixing Speed and Slow Mining Time	27
	Total Settling Time by The Jar Test	27
	Chemical Utilized in the Chemical Coagulation Process	27
	Determination of Optimum Alum Dosage	28
	Determination of Optimum pH Range for Aluminium Sulphate Coagulation	29
	Coagulation by Electrical Means	29
	Effect of Mixing on Electrical Coagulation	31
	Material and Equipments Utilized	31
	Procedure and Analytical Methods	32
IV	RESULTS	44
V	DISCUSSION OF RESULTS	77
VI	CONCLUSIONS	86
VII	RECOMMENDATIONS FOR FUTURE WORK	89
	REFERENCES	90
	APPENDICES	92
	SAMPLES OF CALULATION	130
	VITA	134

## LIST OF TABLES

X

TABLE	TITLE	PAGE
1	Concentration and Specific Gravity of Liquid Alum at Various Temperatures and Production Cost	28
2	Results of Electrical Coagulation	128

## LIST OF FIGURES

XI

FIGURE	TITLE	PAGE
1	Structural of Double Layer and the Corresponding Potentials	7
2	Schematic Diagram of Force-Flow Electrophoresis Cell	17
3	Electrohydraulic System	21
4	Shock Wave Used for Shearing Metal	22
5	Power Unit Schematic Diagram	24
6	Delta Photometric Analyzer, Model 260	37
7	The Jar Test Performed by Phipp and Bird Laboratory Stirrer	38
8	Schematic Diagram of Electrical Coagulation Process	39
9	Settling Coulmn	40
10	Apparatuses Used for Electrical Coagulation	41
11	Perspex Settling column	42
12	Complex Wave Generator, an Isolation Transformer, A Wattmeter	43
13	Effect of Fast Mixing Speed on Alum Coagulation	45
14	Effect of Slow Mixing Speed on Alum Coagulation	46
15	Settling Curve on Alum Coagulation	47

## LIST OF FIGURES (Cont'd)

XII

FIGURE	TITLE	PAGE
16	Effect of alum dosage on Color and Turbidity Removal	48
17	Effect of Alum on pH and Alkalinity Removal	49
18	Effect of pH on Alum Coagulation	50
19-30	Settling Curve on Electrical Coagulation	51
31	Curve of Stirrer Speed and Percent Transmission	63
32	Curve of Settling Time and Stirrer Speed	64
33-41	Curve of Settling Time on Electrical Coagulation	65
42	Curve of Stirrer Speed and Percent Transmission	74
43	Curve of Settling Time and Stirrer Speed	75
44	Comparison of Settling Curve on Electrical Coagulation and Alum Coagulation	76